中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）42(2)：162～172（1993）

水田栽培檳榔心芋葉面積之簡易估算法[1]

陳烈夫[2]　呂椿棠[3]　呂秀英[3]　賴吉雄[2]

摘要：本研究之主要目的在探討臺灣本地栽培種檳榔心芋於水田栽培時之單葉面積的簡易估算方法，藉不同取樣時期的葉長及葉寬之測量，以尋找出一套精確、簡單、迅速且適用於整個生育期之簡易方式來估算葉面積。本試驗於1991年秋作在臺灣省農業試驗所試驗田區進行，自移植當天起至收穫爲止，每隔21天，逢機調查10株芋植株，分別測量各葉之葉面積（A）、沿著中肋由葉尖至葉基之最大長度（L_1）、葉尖至葉片裂刻之葉長（L_2）及最大葉寬（W）。結果顯示，由於芋葉的葉形在整個生長過程中大致維持固定，故毋須藉由葉面積測定器，利用葉長及葉寬，即可有效地估算出芋之葉面積大小。而且檳榔心芋的葉尖至葉基之最大葉長與葉尖至葉片裂刻之葉長具有一定的1.21：1之比例關係，因此可任意選擇其中一種的葉長測量值來估算單葉面積，而以後者對非破壞性之分析在取樣過程中較爲簡便。水田栽培檳榔心芋之單葉面積估算公式，可爲指數函數或迴歸方程式，其估算準確度均甚高且相近。其中以 $A=0.68\times L_1\times W$ 或 $A=0.82\times L_2\times W$，其模式中的估算介值最少（僅有一個），且不致因取樣時期不同而異，爲最簡單且實用。

關鍵詞：芋、葉面積、推測模式、葉長、葉寬、非破壞性方法。

測量葉面積是作物生育過程及生理性狀上重要指標之一，一般皆以葉面積測定器將葉面積記錄下來，再應用各種分析方法進行分析，然而，儀器的測定固然方便，可信度亦極高，但是如果考慮到葉片連續生長的變化，如要將葉片剪下，終將無法測定不同生長期之面積變化情形，爲了彌補這項缺憾，於是發展了各項利用葉長和葉寬來推測葉面積的測定方法。如 Milford and Riley（1980）就曾利用方程式推測9種甜菜品種的葉片在定溫下生長的速率來配合廣義的對數方程式（generalised logistic equation），並配合葉面積之估算式，藉以評估作物生長的介量。另一種較爲簡易的方式是迴歸方程式的應用，Acharya 等（1984）探討綠豆的8個親本和21個第一代雜種（F_1）之葉片大小和種子大小間的相關，以及種子遺傳變方的成分和初生葉片大小特性間的關係，其主要目的在探討綠豆葉片的長×寬和初生葉片面積的相關性，結果得到預測初生葉片面積的迴歸方程式，顯示出綠豆之初生葉片面積可以間接從葉片的長和寬求出。更簡單的葉面積估算公式，甚至利用葉長及葉寬之乘積僅乘上某個常數即可，例如 Palaniswamy and Gomez（1974）求出水稻的葉面積在乾燥及潮濕季節分別爲其葉長及葉寬乘積之0.73與0.75倍。其他國外學者亦曾針對不同的作物以各種不同的方法來估算葉面積，包括棉花（Ashley *et al.*, 1963）、食用美人蕉（Kato *et al.*, 1989）、玉米（Francis *et al.*, 1969；Pearce *et al.*, 1975；Daughtry and Hollinger, 1984）、花生（Ma *et al.*, 1992）、珍珠粟（Payne *et al.*, 1991）、高粱（Stickler *et al.*, 1961；Krishnamurthy *et al.*, 1974）、大豆（

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1667號。
2. 本所農場管理室助理與副研究員兼主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝系助理與副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

Wiersma and Bailey, 1975）、向日葵（Schneiter, 1978）、芋（Shih and Snyder, 1984）等作物，藉以探研各種作物之光合作用、呼吸作用以至能量之效率等相關性問題。國內學者亦曾就玉米品種臺農351號探討其單葉面積與全株葉面積之簡易估算方法，結果以測量第八葉之葉長及葉寬，取其乘積再以估算單葉面積之介值0.76估算出第八葉之面積，再乘以估算全株葉面積之介值9.27，即可很準確地估出全株葉面積（蕭及劉，1986）。

芋屬天南星科多年生宿根性球莖植物，學名 *Colocasia esculenta* (L.) Schott，爲本省古老民食，及傳統健康食品，其養份價值高，富含高分子澱粉（高纖維）、礦物質及維生素，用途廣泛，可供作主食或副食、製粉、乾糧及食品加工原料等之用。近年來省內需求量年有增加，成爲臺灣重要夏季蔬菜，又爲山地居民之重要糧食；同時栽培簡單而省工，適應性廣，爲推廣精緻農業的最佳作物。其品種甚多，而以檳榔心芋是臺灣目前主要栽培品種，佔栽培面積的最大部份，在日本市場稱爲臺灣芋，栽培形式可爲旱田或水田栽培。本省栽芋歷史已久，但目前有關芋作物之基礎研究，國內報告甚少，至於如何確實、迅速地測量葉面積的方法，目前也僅有國外學者 Shin and Snyder (1984) 就 *Colocasia esculenta* (L.) Schott 之芋品種，求出其單葉面積的估算式爲最大葉長與葉寬之乘積再乘以估算介值0.785，但此模式在不同生長期、不同品種或不同試驗地點是否仍然適用，因未有進一步之探討而尚不可得知。因此，本研究之主要目的在探討臺灣本地栽培種檳榔心芋於水田栽培時之單葉面積的簡易估算方法，藉不同取樣時期的葉長及葉寬之測量，以尋找出一套迅速、省時省工、簡單、精確且適用於整個生育期之簡易方式來估算葉面積；又鑑於芋葉之葉片呈楯狀（peltate），其葉緣有一裂刻（lobe），在進行非破壞取樣時，因葉片仍留在植株上，測量葉片之最大長度時，係取穿過兩側葉基與葉尖到葉片裂刻之兩條直線的垂直交點，頗爲費時不便，必須多次測量始能克服技術上的困難，因此往往一不小心就會對葉片造成傷害，而影響了葉片非破壞性之分析工作，亟需尋找另一簡便易行之方式以替代，故本研究在除了考慮最大葉長以外，亦同時嘗試以葉尖至葉片裂刻之長度爲另一種葉長介量，並比較兩種方法間的差異性。

材料及方法

㈠試驗材料之栽培及調查

試驗材料爲檳榔心芋，於1991年（民國八十年）秋作在本所試驗田間進行，以水田栽培形式種植，整地與種植水稻一樣，先將田面充分灌水，然後以耕耘機耕犁、耙平，使本田呈水平狀態，隔天種植。行株距70×30公分，每行30株，共15行。肥料施用以每公頃施用氮素700公斤、磷酐200公斤及鉀素600公斤，均分於整地及前六個月內施完。芋苗成活後，芋田保持淺水3至5公分，以後隨植株生長水位漸次加深至10公分左右，後期田間保持濕潤狀態。生長期間雜草之控制，以種植後1至3天，每公頃均施5%丁基拉草粒劑30公斤，並保持3至5公分淺水3天，種植後一個月再以同量施用一次。生育期間於3個月及5個月各剷除子芋一次，並適時加以45%三苯醋錫可濕性粉劑防治福壽螺，每公頃每次施藥量0.6至1.2公斤，及噴施45%一品松乳劑防治捲葉蟲及蚜蟲，每公頃每次施藥量1.2至1.5公升，稀釋倍數1000倍。自1991年10月26日移植當天，之後於生長期間每隔21天，自田間以破壞性取樣逢機取出10株芋植株，至1992年6月15日收穫爲止，共調查12次，依葉序由外向內利用葉面積測量儀（LI-COR Model LI-3000）測量各不同葉位之葉面積，並以直尺測定全株各葉之長度及最大寬度（W）。其中葉片長度之測量，以兩種方法進行比較，一爲量度沿著中肋由葉尖至葉基之最大長度（L_1），二爲量度葉尖至葉片裂刻之長度（L_2），如圖1所示。

㈡統計分析方法

以葉長及葉寬估算單葉面積的方法，所用以測試的公式有兩類，分別爲指數函數（exponential function）及迴歸方程式（regression equation）。其一般式如下：

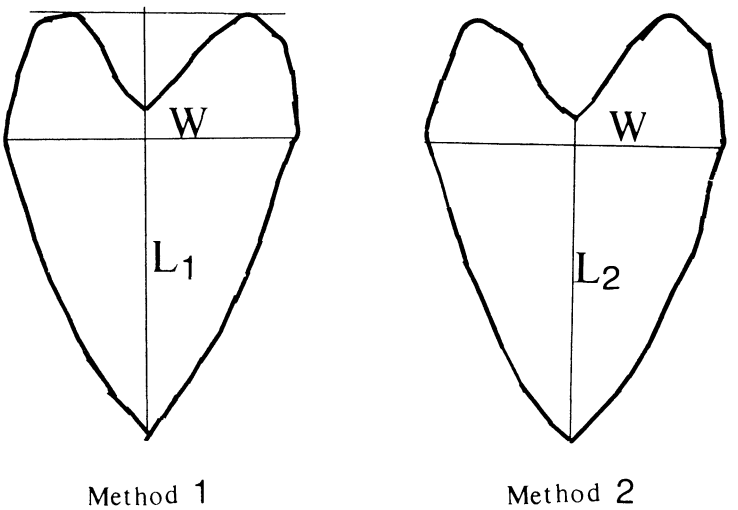

圖1. 測量芋葉長及葉寬之位置。
L_1：沿著中肋由葉尖至葉基之最大長度；
L_2：葉尖至葉片裂刻之葉長；
W：最大葉寬。

Fig. 1. Diagram of taro leaf showing positions of length (L_1, L_2) and width (W) measurements.
L_1 : maximum length from lamina tip to lamina base along the mid-rib;
L_2 : length from lamina tip to lamina lobe;
W : maximum width of lamina.

(1)指數函數 $A=k\times L^a\times W^b$

式中 k 爲常數項，a,b 爲指數項，A 爲葉面積，L 爲葉長介量（L_1 或 L_2），W 爲葉寬介量。此式即相當於將所有變數先經對數（log）轉換後所建立的迴歸方程式，即

$$\log A=\log k+a\log L+b\log W$$

。當a＝b＝1時，可進一步簡化公式爲

$$A=k\times(L\times W)$$

即葉面積爲葉長及葉寬之乘積再乘以一個常數。

(2)迴歸方程式 $A=a+b\times L\times W$

式中 a 爲常數項（截距），b 爲迴歸係數估值（斜率），A, L, W 的定義同前述。

估算式之配合滿意程度以 R^2（決定係數，coefficient of determination）及 CV（變異係數，coefficient of variation）表示。

本研究之各項統計分析工作均依據 SAS（Statistical Analysis System, 1988）套裝統計分析軟體，以 IBM 相容個人電腦建檔及運算。

結　果

(一)芋葉片性狀之生長變化

自移植當天起至收穫結束，每隔21天（3週）逢機取樣10株，調查檳榔心芋各生長時期單株平均葉數（LN）、單葉面積（A）、葉尖至葉基之最大葉長（L_1）、葉尖至葉片裂刻之長度（L_2）及最大葉寬（W），結果列如表1。其生長過程中葉數及葉面積的生長變化情形如圖2所示，本試驗取一

葉齡種芋移植後，植株葉數即快速增加，在第22天之平均葉數爲3.3片，第43天時爲4.3片，之後增加速度緩慢，至第127天時葉數最多，平均5.6片，接著由於球莖加速膨大，葉數隨即減少；單葉面積的生長趨勢與葉數恰好相反，在生長初期增加平緩，自移植後127天葉數最多時，單葉面積才開始急速擴展，到第211天之採收適期可達最大，平均1323.9㎠，爾後即因近收穫末期，植株逐漸老化枯萎，葉面積便不再增大而逐漸縮小。

葉長及葉寬於整個生長過程中伸展及縮減的變化相當一致，如圖 3 所示 ， 表示芋葉的形狀於整個生長過程中大致保持固定。從而由表 2 結果得知，檳榔心芋之最大葉長（L_1）對葉寬（W）的比例，各生長階段約在1.31～1.40之間變動，平均1.36；葉尖至葉片裂刻之長度（L_2）對葉寬（W）的比例，約在1.09～1.15之間，平均1.12。按此生長期間保持固定葉形爲芋作物的植物特性，但品種不同，其葉片長寬度的比例也可能不盡相同。再比較葉長、葉寬及單葉面積的生長趨勢，則完全相同（圖 2 ， 3），顯然葉長、葉寬及單葉面積之間存在有極顯著的正相關關係，亦即芋作物之單葉面積係共同決定於葉長及葉寬。因此利用葉長及葉寬，應可間接而準確地估算出芋葉面積的大小 ， 而毋須藉由儀器測定方法才能得知。以葉長及葉寬估計葉面積的方法，不但快速簡便 ， 也可避免破壞性取樣所造成的困擾。

表1. 芋不同取樣時期之單株葉數（LN）、單葉面積（A）、兩種葉長介量（L_1，L_2）及葉寬（W）的平均值與標準差

Table 1. Mean values and standard deviations of leaf number (LN), individual leaf area (A), two leaf length measurements (L_1, L_2), and leaf width (W) of taro at the different sampling times

Days after transplanting	LN	A (㎠)	L_1 (cm)	L_2 (cm)	W (cm)
1	1.0±0.0	64.5± 10.1	12.3±1.4	10.2±1.2	9.0±0.9
22	3.3±0.5	90.6± 32.7	12.7±2.0	10.5±1.6	9.7±1.7
43	4.3±0.7	167.7± 51.5	17.9±3.0	14.8±2.5	13.3±2.0
64	4.4±1.2	222.0± 75.8	20.4±3.4	16.8±2.9	15.2±2.6
85	4.5±0.7	234.3± 81.8	21.4±3.7	17.7±3.1	15.6±2.8
106	5.0±0.5	302.8± 86.5	23.9±3.3	19.8±2.8	17.3±2.4
127	5.6±0.5	402.4±111.4	27.8±3.9	23.0±3.1	20.5±3.0
148	5.1±0.7	650.8±221.5	34.8±5.3	28.7±4.3	25.9±4.8
169	4.3±0.5	985.1±262.5	43.2±5.4	35.5±4.5	31.8±4.3
190	3.5±0.5	1096.4±298.4	45.9±5.2	37.8±4.3	33.5±4.0
211	2.8±0.8	1323.9±286.3	50.9±5.8	41.8±4.8	38.4±4.8
232	3.2±0.8	1106.4±353.7	46.5±7.0	38.3±5.8	33.6±6.2

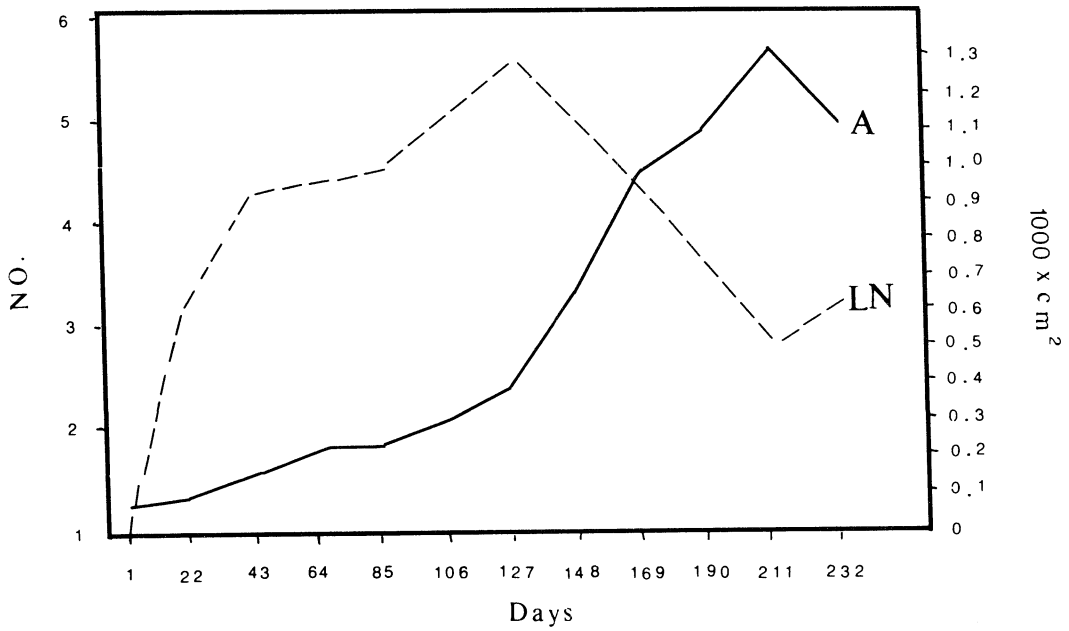

圖2. 芋單株葉數 (LN) 及單葉面積 (A) 之生長變化。

Fig. 2. Changes of leaf number (LN) and individual leaf area (A) during the growth period of taro.

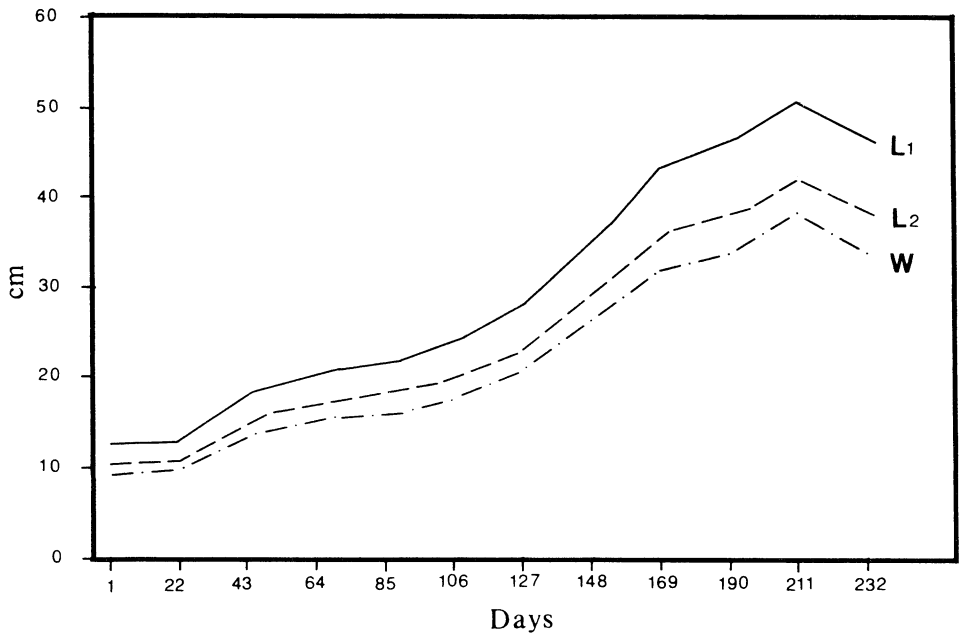

圖3. 芋葉長與葉寬之生長變化。

L_1，L_2 及 W 之定義如圖1。

Fig. 3. Changes of leaf lengths (L_1 and L_2) and leaf width (W) during the growth period of taro.
Definitions of L_1, L_2 and W given in Figure 1.

㈡利用葉長與葉寬推測單葉面積的估算式

本試驗材料檳榔心芋的葉尖至葉基之最大葉長（L_1）與葉尖至葉片裂刻之葉長（L_2）間的比值，則由生長初期的1.21，到第169天起之生長後期略增爲1.22，平均約爲1.21（表2），即大致呈一定的1.21：1之比例，因此利用葉長及葉寬來估算葉面積，可任意選擇其中一種的葉長測量值。有鑑於一般測量作物葉片多採以最大葉長及葉寬，因此本研究首先以最大葉長及葉寬來探明檳榔心芋單葉面積的估算公式；倘改以葉尖至葉片裂刻之葉長來取代最大葉長，則兩者間的差異僅在估算公式之估算介值恰好呈一定的1.21之倍數關係。

表2. 芋不同取樣時期之葉長與葉寬間的比例關係

Table 2. Ratios of leaf length and leaf width of taro at the different sampling times

Days after transplanting	L_1/W	L_2/W	L_1/L_2
1	1.37±0.08	1.13±0.07	1.206±0.004
22	1.31±0.08	1.09±0.07	1.206±0.004
43	1.35±0.08	1.11±0.07	1.211±0.003
64	1.34±0.10	1.11±0.08	1.210±0.005
85	1.38±0.08	1.14±0.06	1.209±0.005
106	1.38±0.09	1.15±0.08	1.207±0.005
127	1.36±0.07	1.13±0.06	1.208±0.007
148	1.36±0.08	1.12±0.06	1.215±0.006
169	1.36±0.05	1.12±0.04	1.216±0.001
190	1.37±0.05	1.13±0.04	1.216±0.001
211	1.33±0.05	1.09±0.04	1.216±0.001
232	1.40±0.09	1.15±0.07	1.217±0.001
Mean	1.36±0.08	1.12±0.07	1.212±0.006

所用以測試的公式有兩類，分別爲指數函數及迴歸方程式。首先考慮指數函數中兩底數 L 及 W 之指數值可能不等的情況，即估算公式爲 $A=k\times L^a\times W^b$，此式即相當於將 A, L, W 先經對數（log）轉換後所建立的迴歸方程式，由表3之結果得知，除了移植當天及自第190天起之生長後期以外，各取樣時期之兩指數值 a, b 皆接近於1，常數 k 值則大致在0.52～0.74之間，用以檢驗模式適合度的決定係數 R^2 值均在0.93以上，CV值亦不超過1.5，顯示檳榔心芋在生長過程中，如不考慮移植當天及生長後期，以簡化模式 $A=k\times(L\times W)^a$ 建立單葉面積之估算公式，可能適當；如不計較生長階段上之差異性，則可利用最大葉長及葉寬建立水田栽培檳榔心芋的單葉面積指數函數估算式爲

$$A=0.72\times L_1^{0.8}\times W^{1.2} \qquad R^2=0.993$$

。倘進而考慮 $A=k\times(L\times W)^a$ 之單葉面積估算公式，結果如表4所列，除了移植當天以外，各取樣時期的指數 a 值均極接近於1，R^2 都高於0.93以上，CV值不超過1.7，顯然利用最大葉長及葉寬來估算檳榔心芋單葉面積的方法，各時期可簡單地以 $A=k\times L\times W$ 之函數關係表示，其常數項 k 值在不同時期稍有差異，約在0.34～0.81間變動，平均爲0.68，即水田栽培檳榔心芋的單葉面積爲其最大葉長及葉寬之乘積再乘以一個介值，即

$$A=0.68\times L_1\times W \qquad R^2=0.993$$

表3. 芋不同取樣時期下利用最大葉長與葉寬推測單葉面積之 $A=k\times L^a\times W^b$ 估算式的估值

Table 3. Estimates of leaf area parameters from the equation $A=k\times L^a\times W^b$ using maximum leaf length and width of taro at the different sampling times

Days after transplanting	k	SE (k)	a	SE (a)	b	SE (b)	R^2	CV
1	2.25	0.88	0.10	0.35	1.42	0.43	0.866	1.56
22	0.74	0.07	0.76	0.10	1.26	0.09	0.991	0.71
43	0.59	0.07	0.74	0.13	1.34	0.16	0.978	1.02
64	0.63	0.12	0.64	0.15	1.44	0.15	0.952	1.50
85	0.66	0.10	0.76	0.16	1.27	0.16	0.976	1.07
106	0.52	0.11	0.77	0.16	1.37	0.16	0.943	1.34
127	0.71	0.12	1.22	0.14	0.75	0.14	0.962	0.93
148	0.70	0.21	1.12	0.29	0.87	0.24	0.935	1.36
169	0.70	0.22	0.81	0.33	1.21	0.30	0.935	1.06
190	0.50	0.02	0.30	0.30	1.75	0.28	0.952	0.77
211	1.20	0.01	0.45	0.30	1.44	0.26	0.962	0.73
232	0.72	0.27	0.43	0.36	1.61	0.28	0.979	0.89
Mean	0.72	0.02	0.76	0.06	1.24	0.06	0.993	1.23

表4. 芋不同取樣時期下利用最大葉長與葉寬推測單葉面積之 $A=k\times(L\times W)^a$ 估算式的估值

Table 4. Estimates of leaf area parameters from the equation $A=k\times(L\times W)^a$ using maximum leaf length and width of taro at the different sampling times

Days after transplanting	k	SE (k)	a	SE (a)	R^2	CV
1	2.63	1.12	0.68	0.12	0.806	1.76
22	0.66	0.06	1.02	0.02	0.989	0.77
43	0.62	0.08	1.02	0.03	0.975	1.05
64	0.56	0.12	1.04	0.04	0.943	1.61
85	0.60	0.08	1.02	0.03	0.974	1.09
106	0.47	0.10	1.07	0.04	0.939	1.38
127	0.79	0.13	0.98	0.03	0.960	0.95
148	0.80	0.20	0.98	0.04	0.934	1.35
169	0.61	0.16	1.02	0.04	0.934	1.05
190	0.50	0.14	1.05	0.05	0.942	0.83
211	0.81	0.21	0.97	0.04	0.957	0.76
232	0.34	0.07	1.09	0.03	0.977	0.93
Mean	0.68	0.01	1.00	0.00	0.993	1.25

。如直接以單葉面積測量值對其最大葉長及葉寬之乘積作迴歸（亦即事先不經任何轉換）來考慮估算公式之建立，結果如表5所列，除了移植當天以外，各時期之單葉面積也能以簡單迴歸模式配合良好，R^2 都在0.92以上，CV 值均在9.0之內，迴歸係數估值在0.65至0.77之間，變異不大，但常數項則因取樣時期不同而差異頗大，變域在−96.03～43.15之間；倘不計較生長階段上之差異性，生育全期之迴歸方程式可表示爲

$$A=4.06+0.69\times L_1\times W \qquad R^2=0.988$$

表5. 芋不同取樣時期下利用最大葉長與葉寬推測單葉面積之$A=a+b\times L\times W$ 估算式的估值

Table 5. Estimates of leaf area parameters from the equation $A=a+b\times L\times W$ using maximum leaf length and width of taro at the different sampling times

Days after transplanting	a	SE (a)	b	SE (b)	R^2	CV
1	19.96	7.22	0.40	0.06	0.832	6.85
22	−4.89	1.79	0.76	0.01	0.990	3.60
43	−2.65	4.31	0.70	0.02	0.976	4.77
64	−2.74	7.31	0.71	0.02	0.961	6.79
85	−4.08	4.54	0.70	0.01	0.986	4.15
106	−14.03	10.44	0.75	0.02	0.954	6.23
127	12.91	11.88	0.67	0.02	0.956	5.90
148	16.93	25.08	0.69	0.03	0.935	8.74
169	1.23	46.75	0.71	0.03	0.920	7.63
190	−96.03	54.89	0.77	0.03	0.940	6.88
211	43.15	63.62	0.65	0.03	0.942	5.30
232	−33.14	48.66	0.71	0.03	0.952	7.11
Mean	4.06	3.55	0.69	0.00	0.988	8.92

由本研究前述結果發現，檳榔心芋的葉尖至葉基之長度（L_1）爲葉片裂刻至葉尖之長度（L_2）的1.21倍左右（表2），故另可採以後者與最大葉寬之乘積來估算單葉面積，分別爲

$$A=0.83\times L_2^{0.8}\times W^{1.2} \qquad R^2=0.993$$

$$A=0.82\times L_2\times W \qquad R^2=0.993$$

$$A=2.53+0.84\times L_2\times W \qquad R^2=0.988$$

。在以非破壞取樣於田間進行芋作物葉片之最大葉長的測量時，由於葉片仍留在植株，穿過兩側葉基與葉尖到葉片裂刻之兩條直線的垂直交點，較難確實掌握，必須多次測量始能克服技術上的困難，如此往往一不小心就會對葉片造成傷害，而影響了葉片非破壞性之分析工作，因此測量葉尖至葉片裂刻之長度，可更爲簡便而實用。

㈢葉面積估算式之預測準確度

爲檢測所建立之檳榔心芋葉面積估算式的預測能力，本試驗進而從以相同慣行法水田栽培的另外兩塊不同田間內，再逢機取出各50片大小不同的檳榔心芋葉片，利用其葉長及葉寬，配合以上六種模式，探討預測葉面積與實際葉面積之間的差異，其結果如表6所示。結果得知，無論採以任何一種葉長測量值（L_1 及 L_2），利用指數函數或迴歸方程式，所預測的葉面積皆頗接近於實際測量的葉面積，其離差甚小，以50片總葉面積而言，誤差率（Percentage of deviation）均約在1～2%左右，有時更低於1%以下，而平均估算一片芋葉之葉面積的誤差率（Mean percentage of deviation）則僅

在5～6%之間。此與統計上一般以1%及5%爲顯著水準之第一型錯誤率（type I error）相吻合，顯示該六種芋單葉面積之估算模式的預測能力，頗爲相近，且其誤差率在可接受的程度之內。由於最適模式的選擇，不但須要求準確性高，也希望估算式中所含估算介值能最少，因此其中以葉長與葉寬之乘積直接乘上一個常數，所含估算介值最少，僅有一個，應最具有實用之價值。

表6. 由再取樣的50片芋葉樣本比較各種單葉面積之估算式的準確度

Table 6. Comparison of accuracy of equations in estimating individual leaf area of 50 leaves of taro from further sampling

Model	Total area measured (cm^2)	Total area predicted (cm^2)	Dev. (%)[a]	Mean dev.(cm^2)[b]	Mean dev.(%)[c]
Sample I					
$A=0.72\times L_1^{0.8}\times W^{1.2}$	30844.8	30383.2	1.50	33.47	5.77
$A=0.68\times L_1\times W$	30844.8	30472.3	1.21	33.73	5.75
$A=4.06+0.69\times L_1\times W$	30844.8	31123.5	0.90	30.82	5.17
$A=0.83\times L_2^{0.8}\times W^{1.2}$	30844.8	29992.1	2.76	35.84	6.28
$A=0.82\times L_2\times W$	30844.8	30286.9	1.87	34.29	5.81
$A=2.53+0.84\times L_2\times W$	30844.8	31133.6	0.94	30.84	5.08
Sample II					
$A=0.72\times L_1^{0.8}\times W^{1.2}$	31287.7	31264.5	0.07	30.62	5.51
$A=0.68\times L_1\times W$	31287.7	31342.1	0.17	32.16	5.80
$A=4.06+0.69\times L_1\times W$	31287.7	32006.0	2.30	31.86	5.43
$A=0.83\times L_2^{0.8}\times W^{1.2}$	31287.7	30854.7	1.38	31.16	5.77
$A=0.82\times L_2\times W$	31287.7	31123.3	0.53	32.18	5.86
$A=2.53+0.84\times L_2\times W$	31287.7	32008.9	2.31	31.87	5.41

[a]: Percentage of deviation=
$|\text{total measured area}-\text{total predicted area}|\times 100/\text{total measured area}$.

[b]: Mean deviation=
$(\sum_{i=1}^{n}|\text{measured area}_i-\text{predicted area}_i|)/n$.

[c]: Mean percentage of deviation=
$(\sum_{i=1}^{n}|\text{measured area}_i-\text{predicted area}_i|\times 100/\text{measured area}_i)/n$.

討 論

綜合以上結果可知，由於芋葉的葉形在整個生長過程中大致維持固定，故利用葉長及葉寬，即可簡單而迅速地估算出芋之葉面積大小。由於檳榔心芋的葉基至葉尖之最大葉長與葉尖至葉片裂刻之葉長具有一定的1.21：1之比例關係，因此可任意選擇其中一種的葉長測量值來估算單葉面積，而以後者對非破壞性之分析在取樣過程中較爲簡便。

水田栽培檳榔心芋單葉面積之估算公式可爲指數函數或迴歸方程式，其估算準確度均相差無幾。就利用葉長與葉寬推算單葉面積而言，倘若採用指數不等的指數函數關係式，雖然模式配合度（R^2）最高，但估算式中之介值較多（常數項及兩個指數估計值）且會隨著生長階段不同而異，利用效率大爲降低；如以簡單迴歸模式表示，亦可配合良好，且迴歸係數估值於各取樣時期變異不大，但迴歸式中的常數項常因時期不同而變動，使用上較爲不便；其中以葉長及葉寬之乘積直接乘以某個常數值

，最爲簡單，且各時期的變異也不大（不計移植當天），實用上頗具價值，值得採用。結果顯示，利用最大葉長與最大葉寬之乘積再乘以估算介值0.68，或者以葉尖至葉片裂刻之葉長與最大葉寬之乘積再乘以0.82，即可準確地估算出檳榔心芋於水田栽培下的單葉面積。然本研究係以檳榔心芋爲試驗材料，所獲得之各個估算介值並不一定適用於所有的試驗地點或品種。如 Shin and Snyder (1984) 以最大葉長與葉寬估算不同芋品種於水田栽培時之單葉面積之估算介值爲0.785，與本試驗所獲結果之0.68，仍有差異；唯本試驗既以臺灣本地栽培種爲材料，所得之結果自將更適合於本地研究者所採用。而直接利用葉長和葉寬推測葉面積的方法，可無須傷到葉片即可進行測量，所以一般若不需算出精確之葉面積時，此法經常被採用，尤其是運用到觀察不同時期之葉面積的連續變化。由於葉長與葉寬之間仍有一定的比例關係，而隨著生長時間不同，其比值變異也不太大（表2及圖3），因此如在不要求太高準確度的情形下，甚至可直接用直尺實際測量葉寬即可，然後以其倍數關係推算出葉長介量，再以葉長與葉寬推測單葉面積，此更爲省工省時，但是經過兩次的估算步驟，誤差率難免會較高。

參考文獻

1. 蕭柊瓊、劉　清。1986。玉米單葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究　35：276-282.
2. Acharya, D., P. Chattopadhyay and S. Dana. 1984. Correlations and inheritance of primary leaf size in mungbean. Indian J. Genet. 44：121-126.
3. Ashley, D. A., B. D. Doss and O. L. Bennett. 1963. A method of determining leaf area in cotton. Agron. J. 55：584-585.
4. Daughtry, C. S. T. and S. E. Hollinger. 1984. Costs of measuring leaf area index of corn. Agron. J. 76：836-841.
5. Francis, C. A., J. N. Rutger and A. F. E. Palmer. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 9：537-539.
6. Kato, M., K. Inthavongsa and K. Imai. 1989. An estimation of leaf area in edible canna (*Canna edulis* Ker.). Japan. Jour. Crop Sci. 58：753-754.
7. Krishnamurthy, K., M. K. Jagannath, B. G. Rajashekara and G. Raghunatha. 1974. Estimation of leaf area in grain sorghum from single leaf measurements. Agron. J. 66：544-545.
8. Ma, L., F. P. Gardner and A. Selamat. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. Crop Sci. 32：467-471.
9. Milford, G. F. J. and J. Riley. 1980. The effects of temperature on leaf growth of sugar beet varieties. Ann. Appl. Biol. 94：431-443.
10. Palaniswamy, K. M. and K. A. Gomez. 1974. Length-width method for estimating leaf area of rice. Agron. J. 66：430-433.
11. Payne, W. A., C. W. Wendt, L. R. Hossner and C. E. Gates. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. Agron. J. 83：937-941.
12. Pearce, R. B., J. J. Mock and T. B. Bailey. 1975. Rapid Method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15：691-694.
13. SAS User's Guide：Statistics. 1988. Mc: SAS Institute Inc.
14. Schneiter, A. A. 1978. Non-destructive leaf area estimation in sunflower. Agron. J. 70：141-142.
15. Shih, S. F. and G. H. Snyder. 1984. Leaf area index and dry biomass of taro. Agron. J. 76：750-753.
16. Stickler, F. C., S. Wearden and A. W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J. 53：187-188.
17. Wiersma, J. V. and T. B. Bailey. 1975. Estimation of leaflet, trifoliolate, and total leaf areas of soybeans. Agron. J. 67：26-30.

A simple method for estimating leaf area in wetland taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)[1]

L. F. Chan[2], C. T. Lu[3], H. Y. Lu[3] and C. H. Lai[2]

Summary

This study was made to develop an accurate, simple and rapid method for estimating individual leaf area of wetland taro 〔*Colocasia esculenta* (L.) Schott〕 under different growth periods in Taiwan. The experiment was conducted in the fall crop of 1991 at Taiwan Agricultural Research Institute. A total of 10 plants was randomly sampled at 21-day intervals starting at transplanting and ending at harvest. The area (A), length from lamina tip to lamina base along the mid-rib (L_1), length from lamina tip to lamina lobe (L_2), maximum width of lamina (W) of each leaf were measured.

Results indicated that leaf length and width were available for estimation of leaf area without leaf area meter, because the leaf shape of taro almost kept constant during the whole periods of plant growth. Since there was a proportion relationship of 1.21 : 1 between L_1 and L_2, either of them can be defined as the length measurement. However, L_2 facilitates nondestructive measurement of leaf length. The exponential functions and regression equations were all best fitted to estimate leaf area in wetland taro, and had the similar predictive ability. The formulae of $A=0.68\times L_1\times W$ and $A=0.82\times L_2\times W$ were the most easy and useful methods to estimate the leaf area of wetland taro, because the models possessed the least number of estimating factors (only one), and performed well for different growth periods.

Key words : Taro, Leaf area, Predictive model, Leaf length, Leaf width, Nondestructive method.

1. Contribution No. 1667 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research Assistant and Agronomist, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC.
3. Research Assistant and Statistician, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien Taiwan 413, ROC.